

КАТЕГОРИИ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АКСОНОМЕТРИИ

В. А. ВОСКРЕСЕНСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедр начертательной геометрии
и графики томских вузов)

1.

АксонOMETрия — тема большая. О ней можно писать различные статьи, книги, учебники, монографии и т. п. И надо сказать, что до настоящего времени аксонометрические проекции являются одной из богатейших «рудных жил», где находят все новые и новые вопросы для научных и методических исследований.

Как известно, аксонOMETрия возникла не сразу. Ее появлению предшествовал очень длительный (в нашей стране свыше 800 лет) период искания, период попыток создать наглядное изображение.

И это стремление сначала к наглядному рисунку привело впоследствии к открытию аксонометрических проекций, одним из главных условий которых была необходимость показать предмет так, как мы его привыкли видеть в действительности.

Конечно, «понятие наглядности,— как говорил академик Л. И. Мандельштам,— вообще чрезвычайно условно. В него входят по существу два элемента. Во-первых, чтобы что-нибудь было наглядно, оно должно быть привычно, в этом и лежит условие этого понятия. Затем необходимо, чтобы наглядная концепция связывалась с вещами, могущими быть непосредственно чувственно воспринятыми» [35].

Нельзя не согласиться с таким определением, предложенным Л. И. Мандельштамом.

И действительно, все древние чертежи, карты-планы помимо обычных ортогональных проекций всегда пояснялись наглядными изображениями, выполняемыми в то время весьма произвольным образом, без соблюдения определенных правил, вследствие чего появился термин так называемой «вольной перспективы».

Развитие машиностроения потребовало от просто наглядных изображений условия измеримости предмета. И вот, начиная с первой половины XIX века, появляются термины: сначала «изометрия», позже «аксонOMETрия».

Иногда слово аксонOMETрия пояснялось как «параллельная перспектива» [30].

Следовательно, первоначальное понимание аксонометрических проекций сводилось к трем обязательным условиям: а) наглядности, б) измеримости, в) параллельности проектирования.

Такое представление об аксонOMETрии сохранилось, к сожалению, до нашего времени.

Если взять любой современный учебник по начертательной геометрии, то почти везде можно встретить вышеприведенные определения аксонометрических проекций.

Возьмем программированный учебник Е. А. Аксеновой с соавторами [1]. В нем сказано, что «аксонометрическое изображение... обладает большой наглядностью» (стр. 34).

У Н. Л. Рускевича [55]: «Аксонометрические проекции являются наглядным изображением предмета» (стр. 23). В учебнике А. И. Добрякова [23] читаем, что «...наглядность аксонометрического изображения лишь немного уступает наглядности перспективного изображения». (стр. 12). А в книге Н. С. Кузнецова [29] сказано, что «аксонометрия обладает большей наглядностью, чем изображения, выполненные в ортогональных проекциях, но меньшей, чем перспектива» (стр. 5).

Увлечение «наглядностью» изображения привело некоторых авторов к неточному пониманию аксонометрических проекций. В частности, Ю. К. Вахтин [11] писал, что «проекции, характерные для изображения до XVI века, это косоугольная аксонометрия» (стр. 12), хотя в то время никаких приемов построения аксонометрических проекций не существовало.

Современные исследования показали, что в зависимости от выбора направления проецирования мы можем получать различные аксонометрические изображения, причем, если такое направление будет выбрано неудачно, то мы получим весьма уродливую не наглядную проекцию, но, тем не менее, аксонометрическую.

Заметим, что в XIX веке профессор Московского университета Ф. Е. Орлов [41] высказал мысль о том, что ортогональные проекции предмета на инженерно-строительных чертежах представляют не что иное, как частный случай аксонометрических проекций. Автор сделал вывод, что «способ проектирования тела на параллельную плоскость проекций употребляется преимущественно в строительном инженерном искусстве и проекции тела во всех этих случаях носят различные названия..., то есть: 1) Если картинную плоскость расположить параллельно плоскости координат XOZ , то при ортогональном проектировании ось OY вырождается в точку O' и проекции осей OX и OZ получают в натуральную величину. В этом случае «проекцию тела» называют «главным видом или главным фасадом». 2) Если плоскость проекций P параллельна плоскости координат YOZ , то ось OX вырождается в точку O' , а оси OY и OZ изображаются в натуральную величину. Тогда проекция предмета называется «боковым видом или боковым фасадом». 3) Наконец, если плоскость $P \parallel \text{пл. } OXY$, то ось OZ вырождается в точку O' , а оси OX и OY изобразятся в натуральную величину. Здесь мы получим проекцию фигуры, которую называют «планом» (стр. 91).

Следовательно, наглядность не может являться основным условием, присущим аксонометрическим проекциям. А если коснуться вопросов многомерной аксонометрии, то вряд ли здесь будет уместно говорить о наглядности в n -мерном пространстве.

На основании исследований, проведенных Э. Мюллером [65], Н. М. Бескиным [7] и Н. Ф. Четверухиным [20], следует под аксонометрией понимать параллельное (центральное) изображение предмета, отнесенное к определенной координатной системе, построенное в заданном аксонометрическом масштабе и по координатному принципу.

Те же изображения, по которым нельзя определить масштаб и действительные размеры оригинала, будем называть, в зависимости от вида проецирования, изображениями в параллельной или центральной проекциях.

2.

Как было сказано выше, аксонометрические проекции появились в связи с требованиями машинного производства, когда возникла необходимость не только пояснять внешний вид той или иной детали, но знать точные размеры, по которым можно было бы изготовить ее.

В Западной Европе началом создания таких изображений считают 1820 г., когда английский профессор Кэмбриджского университета Виллиам Фэрич на заседаниях философского общества (Philosophical Society) 21 февраля и 7 марта сделал доклад об «изометрической перспективе». Позднее, в 1844 г., некоторые вопросы теории аксонометрии были изложены профессором Саксонской горной школы Юлием Вейсбахом.

В нашей стране началом появления первой аксонометрической проекции следует считать 1855 год, когда инженер-полковник А. Х. Редер опубликовал в № 1 «Журнала Главного управления путей сообщения и публичных зданий» свою статью «Об изометрической проекции». Эта работа в 1861 г. вышла отдельной книгой [53].

Дальнейшее изучение аксонометрии в дореволюционной России идет по линии, преследующей узкопрактическую цель: научить будущих инженеров быстро строить наглядные удобоизмеримые проекции технических или строительных деталей.

Крупный ученый в области строительного искусства и начертательной геометрии В. И. Курдюмов создал фундаментальный труд по теории параллельной аксонометрии [30] и одним из первых предложил пользоваться на практике так называемой «изометрической клетчаткой» [31], которая вызвала интерес у современников В. И. Курдюмова, выразившийся в положительной рецензии [25].

Основательное исследование аксонометрии началось в советский период.

Анализируя многие труды по аксонометрическим проекциям, мы установили, что в основном их можно разбить на три категории:

- 1) исторические,
- 2) учебно-методические,
- 3) теоретико-прикладные.

3.

Началом любого исследования является история развития вопроса, и в связи с этим мы решили охарактеризовать состояние исторических работ, выполненных по аксонометрии. Здесь, к сожалению, мы имеем недостаточное число вполне исчерпывающих исследований и, наверное, потому, что эти вопросы являются весьма трудоемкими, требующими большого количества времени и сложного, так называемого «мысленного» (воображаемого) эксперимента. Это — с одной стороны. С другой стороны, среди инженерных и научных работников очень мало встречается лиц, интересующихся вопросами истории науки и техники. А между тем академик Б. Н. Юрьев [63] писал: «Изучение истории науки и техники помогает каждому научному работнику и инженеру не только в изучении соответствующей специальной дисциплины, но и позволяет выработать более широкий и правильный взгляд на развитие и на место данной дисциплины среди других наук».

Известный французский физик Луи де Бройль говорил, что «... история науки не может не интересовать ученых естествоиспытателей: ученый находит в ней... многочисленные уроки и умудренный собственным опы-

том он может лучше, чем кто-либо иной, истолковать со знанием дела эти уроки». [34, суперобложка].

Аналогичную мысль высказывает видный английский ученый и общественный деятель Дж. Бернал, утверждая, что «... если хорошо усвоены уроки прошлого, прогресс в науке будет быстрее и надежнее». [34, суперобложка].

«История,— как говорил известный французский историк науки Поль Таннери (1843—1904),— вовсе не имеет своей единственной целью удовлетворение бесполезного любопытства: изучение прошедшего должно, в конце концов, освещать будущее» [50, стр. 4].

Это высказывание по смыслу совпадает с мнением известного русского писателя А. И. Герцена, который говорил, что «для того, чтобы понять современное состояние мысли, вернейший путь — вспомнить, как человечество дошло до него» [4, стр. 5].

Заметим, что приведенные выше высказывания не новы, поскольку еще ранее в трудах К. Маркса, Ф. Энгельса, В. И. Ленина «... на основе анализа огромного материала как из истории науки и техники, так и истории искусства открыт научный метод, основные принципы исследования в этой области и глубоко решен ряд исходных принципиальных вопросов» [42, стр. 5].

Отсюда можно сделать вывод, что работы исторического характера должны занимать одно из первых мест в современной науке.

Приказом министра высшего и среднего специального образования СССР от 29 сентября 1967 г. за № 606 введена в действие с 15 октября 1967 г. «Инструкция о порядке присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий», где в § 21 сказано, что «защита диссертаций на темы по истории науки и техники проводится в советах по соответствующей специальности...» [10, стр. 5].

Хотя мы рассматриваем только один вопрос из курса начертательной геометрии — аксонометрию, но считаем, что историю ее развития следует отнести к первой категории исследований, на которой должны базироваться остальные научные направления.

Внимание к истории аксонометрических проекций появилось в Советском Союзе в период начала восстановления народного хозяйства после гражданской войны.

Одним из первых кратких исторических очерков, касающихся специально развития аксонометрии, мы считаем очерк Н. А. Рынина, помещенный в его книге [56].

Сразу заметим, что автор ограничился перечислением основных работ (преимущественно зарубежных), не привел никакого научного анализа причин их возникновения и не рассмотрел предысторию этого вопроса.

Через 16 лет, т. е. в 1938 г. Н. А. Рынин опубликовал брошюру [57], где повторил вышеупомянутый очерк, сделав соответствующие добавления за прошедшее (с 1922 г.) время. Сам автор в этой работе предлагал только «историческую канву» для будущих исследователей.

После упомянутой брошюры до 1942 г. вопросами истории как инженерной графики вообще, так и истории аксонометрии в частности никто не занимался, по крайней мере мы не можем назвать ни одну опубликованную работу в рассматриваемой нами области.

Только в 1942 г. В. А. Баскарев написал диссертацию «Основные этапы истории технической графики до начертательной геометрии Гаспара Монжа».

Наконец, в период с 1949 по 1955 г. включительно появились шесть кандидатских диссертаций по исторической тематике следующих авто-

ров: А. А. Кузина «Очерки по истории технических документальных материалов (русского чертежа) в дореволюционной России», 1949; Д. П. Волкова «Очерк истории развития в XIX веке курса комплексных проекций в России», 1950; А. И. Александрова «Пути развития инженерной графики Урала и Сибири», 1951; В. Н. Буланова «Исследование развития инженерной графики в России до XIX века», 1954; В. А. Гусева «Исследование становления и развития начертательной геометрии в XIX веке», 1955; Н. А. Левитской «О развитии технической графики в мануфактурном и начальном периоде машинного производства в России», 1955. Но в упомянутых трудах рассматривались вопросы создания технических чертежей или становления начертательной геометрии в дореволюционной России.

Относительно развития аксонометрических проекций почти ничего не говорилось.

Только начиная с 1959 г. в печати стали появляться статьи, касающиеся специально вопросов развития аксонометрии в СССР [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. Кроме этого, вышло несколько работ по истории графических изображений вообще, где можно найти некоторые сведения об аксонометрических проекциях [2, 28, 47, 59].

4.

Как было отмечено выше, одной из первых отечественных книг по аксонометрии, изданной в советский период, явилась книга Н. А. Рынина [56]. После нее в 1924 г. было подготовлено 8-е издание учебника А. Н. Пальшау, где в качестве одного из новых разделов была добавлена аксонометрия.

Затем в 9-м издании, написанном в 1927 г., редактор Н. Ф. Четверухин отметил, что «издание отличается от предшествующего заново составленной и значительно расширенной главой об аксонометрических проекциях (отдел II, часть II)».

В 1930 г. второй отдел этой же книги еще раз подвергся значительной переработке, и были «сделаны существенные дополнения, касающиеся главным образом ортогональных аксонометрических проекций и их практических приложений (§ 348—365)» [46, стр. 3, 4].

Затем на протяжении ряда лет, до настоящего времени, одним из основных учебников по начертательной геометрии для механико-технологических, машино- и приборостроительных специальностей втузов является курс В. О. Гордона и М. А. Семенцова-Огиевского, выдержавший уже 20 изданий. Раздел аксонометрии был рассмотрен с достаточной полнотой.

Аксонометрические проекции в нашей стране заняли прочное место в курсах начертательной геометрии и машиностроительного черчения, и в 1934 г. их ввели в государственный стандарт, закрепивший положение аксонометрических осей для прямоугольной изометрии и диметрии, а также фронтальной косоугольной диметрии.

В 1956 г. в соответствии с методикой преподавания курса начертательной геометрии в Московском авиационном институте вышла в свет книга Н. Ф. Четверухина с соавторами [60]. Раздел по аксонометрическим проекциям (гл. XII) был написан В. С. Левицким, а доказательство и развитие основной теоремы аксонометрии—Н. Ф. Четверухиным. Отметим, что содержание охватывало не только теорию аксонометрических проекций, но и практические примеры. В. С. Левицкий довольно подробно изложил приемы построения аксонометрии путем установления перспективной связи между полями проекций, впервые

в истории преподавания методов построения такого типа изображений в нашей стране. Кроме этого, автор привел краткую справку относительно существующей механизации приемов вычерчивания аксонометрии и разработал совместно с Н. А. Бабулиным диаграмму, по которой можно графически определить величину длины отрезка для любой стандартной аксонометрии при умножении его на соответствующий показатель искажения. В качестве приложений В. С. Левицкий изложил приемы построения теней как на комплексных, так и на аксонометрических чертежах. В общей сложности материал по аксонометрии охватывает около 78 страниц, что почти вдвое больше объема этого раздела в учебнике В. О. Гордона и М. А. Семенцова-Огиевского [21] и может быть использован не только студентами, но и аспирантами.

Второе издание этого пособия, переработанное и дополненное, вышло в 1963 г. [61].

Постепенное сокращение лекционных и практических занятий по начертательной геометрии, проводимое Министерством высшего и среднего специального образования СССР, заставило обратить внимание и на уменьшение объемов публикуемых в печати курсов.

Одним из первых учебников, составленных по сокращенной программе, мы считаем книгу А. Д. Посвянского [51]. Раздел аксонометрических проекций здесь составил всего 32 страницы.

Наконец, еще более краткое изложение аксонометрии (на 10 страницах) имеем в книге Д. М. Орлова, К. С. Колотова и Г. И. Пучко [40].

В 1970 г. вышло третье издание учебника А. Д. Посвянского [52], где автор сократил объем аксонометрических проекций до 24 страниц.

Упомянутые авторы стремились изложить материал так, чтобы он, сохраняя основные законы аксонометрии, давал возможность научить студентов строить правильно стандартные виды аксонометрических проекций.

Большое значение в методике изложения любого курса имеют учебные пособия, разработанные для системы заочного обучения. Как известно, за последние годы эта форма подготовки специалистов с высшим образованием имеет значительный удельный вес в учебной подготовке высшей школы.

Надо заметить, что существующие методические указания и контрольные задания по курсам начертательной геометрии машиностроительного черчения явно недостаточны.

Наиболее распространенными из них являются пособия Н. Н. Иванова [24] и В. С. Левицкого [33]. Несмотря на то, что эти методические указания выдержали уже не одно издание, хочется, чтобы методика заочного обучения развивалась как в отношении создания программированных пособий, так и в отношении увеличения вариантов заданий.

Вопросы программированного обучения в настоящее время, по нашему мнению, находятся еще в стадии исканий.

Мы не хотим из-за слишком большого объема настоящей статьи останавливаться на учебниках и пособиях других авторов, которые в той или иной степени излагают аксонометрические проекции, но все же приходится констатировать факт почти полного отсутствия изложения новых теоретических исследований по аксонометрическим проекциям, полученных в отдельных статьях и диссертационных работах.

Создавшееся в настоящее время положение требует коренного пересмотра программы по начертательной геометрии и машиностроительному черчению, особенно в области аксонометрии. Это большой и важный вопрос, который ждет сейчас эффективного решения от наших ученых, преподавателей, методистов.

Вышедшая в 1971 г. книга Ю. Г. Козловского [26] впервые рассматривает методы преподавания аксонометрических проекций. Автор определяет, что должен знать студент в результате изучения и что необходимо сделать для достижения этого. Конечно, нельзя считать положения, высказанные Ю. Г. Козловским, какой-то абсолютной истиной, которую надлежит выполнять всем лекторам. Здесь во многих случаях результат преподавания зависит в большой степени и от подготовленности слушателей. Но, тем не менее, эта первая монография по методике должна послужить дальнейшему развитию и совершенствованию преподавания аксонометрических проекций.

5.

К третьей категории работ мы относим теоретико-прикладные. Последние получили свое возникновение и максимальное развитие за годы Советской власти.

Помимо исследований, касающихся теоремы Польке-Шварца, у нас в настоящее время имеется много работ, рассматривающих многомерную и центральную аксонометрию.

Исследования основной теоремы центральной аксонометрии как для трехмерного, так и для многомерного пространства получили значительное развитие в трудах И. И. Котова [27], Е. А. Мchedlishvili [38], О. Я. Рюнк [58], Н. В. Палувер [43, 44, 45], В. А. Маневича [36], В. Н. Первиковой [48], Г. К. Николаевского [39] и др.

В области параллельной аксонометрии следует отметить статью М. В. Бурде [9], предложившего более простое доказательство теоремы Польке без использования аффинных соответствий.

Заслуживает внимания работа Л. Н. Ламбина [32], в которой установлена полнота изображений многомерных объектов.

Одной из первых монографий по классификации изображений многокомпонентных систем можно считать книгу Ф. М. Перельман [49].

Заметно возросло число научно-исследовательских работ по начертательной геометрии вообще, а по аксонометрии в частности, выполненных в контакте с математикой, о чем могут свидетельствовать труды В. Н. Первиковой [48], В. А. Маневича [36, 37], О. Я. Рюнк [58], Н. В. Палувер [44, 45], М. М. Юдицкого [62], Е. А. Мchedlishvili [38], И. И. Котова [37], Н. М. Бескина [5—8], Л. А. Яцкевич [64], Г. К. Николаевского [39] и др.

В области выполнения аксонометрических проекций с помощью приборов был сделан значительный шаг вперед, характеризуемый созданием электро- и видеоаксонографов таких изобретателей, как А. В. Дмитриевского [22], Н. Л. Рускевич [54], Г. Н. Багратиони [3] и др.

Мы не ставим в данной статье задачу воспроизводить историю создания и практическую значимость работ вышеупомянутых авторов, но интересующимся рекомендуем познакомиться со статьями [15, 18].

Наконец, что можно сказать о будущих проблемах аксонометрии?

На наш взгляд, аксонометрические проекции надо исследовать и развивать в области центральной проекции (как трехмерного, так и многомерного пространства), используя изотопные преобразования. Кроме того, многое предстоит сделать в вопросах методики преподавания, аксонометрии, создания программированных учебников, пересмотра лекционного материала с целью введения современных достижений науки в этот крупный раздел начертательной геометрии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенова Е. А., Быкова Г. Ф., Журавлева В. Н., Нартова Л. Г., Наумова Г. А., Тевлин А. М., Четверухин Н. Ф. Курс начертательной геометрии. М., Изд. «Вышая школа», 1968.
2. Александров А. И. Из истории инженерной графики Урала и Сибири. Свердлов. изд. «Уральский рабочий», 1959.
3. Багратиони Н. Д. Идея автоматизации преобразования изображений. Сб. «Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии». Рига. Изд. Рижского инст. инж. возд. флота, 1960.
4. Бернштейн С. А. Очерки по истории строительной механики. М., Гос. издат. литер. по строит. и архит., 1957.
5. Бескин Н. М. Аналог теоремы Польке-Шварца в центральной аксонометрии. М., Доклады АН СССР. Том 50, 1945.
6. Бескин Н. М. Методы изображений. Энциклопедия элементарной математики. Кн. 4. Геометрия. М., Физматиздат, 1963.
7. Бескин Н. М. Основное предложение аксонометрии. Сб.: «Вопросы современной начерт. геометрии». М., Гостехиздат, 1947.
8. Бескин Н. М. Теоремы Гофмана и Мчедлишвили в n -мерном пространстве. Труды Грузинского политехнического института. Сб. трудов по начертательной геометрии и инженерной графике. Тбилиси, 1967.
9. Бурде М. В. Восстановление масштабного трехосника по его параллельной проекции методом преобразования фаз. Сб. трудов Московского семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. М., «Советская наука», 1958.
10. Бюллетень Министерства высшего и среднего специального образования СССР, № 11, 1967.
11. Вахтин Ю. К. Русская школа инженерной графики. М., Изд. МЭИ, 1952.
12. Воскресенский В. А. Из истории аксонометрических изображений. Изв. Томского политехнического института, т. 143, изд. ТГУ, 1966.
13. Воскресенский В. А. Косоугольная аксонометрия. Тезисы докладов II научно-методической конференции по начерт. геометрии и инженерной графике вузов Узб. ССР с участием представителей вузов братских республик. Ташкент. Изд. Таш. ИИЖД, 1965.
14. Воскресенский В. А. Краткий очерк развития аксонометрии в Советском Союзе. Сб. «Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии». Рига. Изд. Рижск. инст. инженеров возд. флота, 1960.
15. Воскресенский В. А. О теоретических исследованиях в области аксонометрии. Изв. ТПИ, т. 143. Изд. ТГУ, 1966.
16. Воскресенский В. А. Об основных направлениях развития аксонометрических проекций в СССР. Изв. ТПИ, т. 104, изд. ТГУ, 1959.
17. Воскресенский В. А. Развитие косоугольной аксонометрии. Материалы второй конференции по нач. геометрии. Вып. 60, изд. «ФАН» Узб. ССР, Ташкент, 1968.
18. Воскресенский В. А. Развитие проблемы Э. Круппа. Изв. ТПИ, т. 171, изд. ТГУ, 1969.
19. Воскресенский В. А. Этапы формирования аксонометрических проекций. Труды Московского научно-методического семинара по начерт. геометрии и инженерной графике. Вып. II, М., 1963.
20. Глазунов Е. А. и Четверухин Н. Ф. Аксонометрия. М., Госиздат техн. теор. литературы, 1953.
21. Гордон В. О. и Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. М., Гостехиздат, 1951.
22. Дмитриевский А. В. Теория и конструкция электрического аксонографа. Труды Грузинского политехнического института. Сб. нач. геометрии и инженерной графики № 1 (49), Тбилиси, 1957.

23. Добряков А. И. Курс начертательной геометрии. М.-Л., Госиздат литературы по строит. и архитектуре, 1952.
24. Иванов Н. Н., Храмова И. С. Начертательная геометрия. М., «Высшая школа», 1966.
25. «Инженер», 1885, № 12, Киев.
26. Козловский Ю. Г. Методика курса «Начертательная геометрия». Минск, «Высшая школа», 1971.
27. Котов И. И. Комбинированные изображения. Изд. Моск. авиац. ин-та, 1951.
28. Кузин А. А. Краткий очерк развития чертежа в России. М., 1956.
29. Кузнецов Н. С. Начертательная геометрия. М., изд. «Высшая школа», 1969.
30. Курдюмов В. И. Аксонометрия в прямоугольной и косоугольной проекциях или параллельная перспектива. Сб. института инженеров путей сообщения, вып. XXIII, Спб. 1892.
31. Курдюмов В. И. Метод изометрических проекций. Спб, 1885.
32. Ламбин Л. Н. Теория полноты изображения многомерных объектов. Труды Московского научно-методического семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. Вып. 2, М., 1963.
33. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение. М., изд. «Высшая школа», 1961.
34. Льюцци М. История физики (пер. с итальянского Э. Л. Бурштейна), М., «Мир», 1970.
35. Мандельштам Л. И. Полное собрание сочинений. Т. V, стр. 404—405, изд. АН СССР, 1950.
36. Маневич В. А. Обзор некоторых работ, связанных с основной теоремой центральной аксонометрии. Тезисы докладов научной конференции кафедры начертательной геометрии. МАИ, 1960.
37. Маневич В. А., Котов И. И., Зенгин А. Р. Аналитическая геометрия с теорией изображений. М., изд. «Высшая школа», 1969.
38. Мchedlishvili Е. А. Об основном предложении центральной аксонометрии. Сб. трудов Московского семинара по начертательной геометрии и инженерной графике. М., «Советская наука», 1958.
39. Николаевский Г. К. Аксонометрия изотопных преобразований пространства. Сб. трудов «Нач. геом. и черчение». Вып. 1, изд. Саратов. ун-та, 1967.
40. Орлов Д. М., Колотов К. С., Пучко Г. И. Начертательная геометрия. Киев, 1963.
41. Орлов Ф. Е. Начертательная геометрия. М., изд. МГУ литогр. 1883/84.
42. Очерки истории и теории развития науки. Сб. статей. М., «Наука», 1969.
43. Палувер Н. В. Аналитический метод для построения аксонометрических систем координат в центральной проекции. Труды Таллинского политехнического института. Серия А, № 120, 1957.
44. Палувер Н. В. Об аналитическом решении проблемы Круппа в центральной аксонометрии. Сб. «Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии». Рига, изд. Рижского ин-та инженеров возд. флота, 1960.
45. Палувер Н. В. Определение системы координатных осей в пространстве по ее центральной проекции. Труды Таллинского политехнического института. Серия А, № 100, 1957.
46. Пальшау А. Н. Начала начертательной геометрии. ГИЗ, 1931.
47. Пахомова В. А. История развития методов изображения. Омск, Изд. Омск, инст. инж. жел. дор. транспорта, 1963.
48. Первикова В. Н. Основная метрическая задача центральной аксонометрии. Сб. «Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии». Рига, изд. Рижского ин-та инж. возд. флота, 1960.
49. Перельман Ф. М. Методы изображения многокомпонентных систем. М., 1959.

50. Пичурин Л. Полезная книга. «Красное знамя», Томск, 1968, 2 апреля.
 51. Посвянский А. Д. Краткий курс начертательной геометрии. М., «Высшая школа», 1961.
 52. Посвянский А. Д. Краткий курс начертательной геометрии. М., «Высшая школа», 1970.
 53. Редер А. Х. Об изометрической проекции. СПб, 1861.
 54. Русскевич Н. А. Автоматический фотоэлектрический аксонограф. Сб. «Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии». Рига. Изд. Рижск. ин-та инж. возд. флота, 1960.
 55. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. Киев, изд. «Будівельник», 1970.
 56. Рынин Н. А. Аксонометрия. Петроград, 1922.
 57. Рынин Н. А. Материалы к истории начертательной геометрии. Л., ГИЗ, 1938.
 58. Рюнк О. Я. О применении центральной аксонометрии на практике. Сб. «Вопросы теории, приложений и методики преподавания начертательной геометрии». Рига. Изд. Рижск. ин-та инж. возд. флота, 1960.
 59. Хорунов Р. Х. Некоторые вопросы развития отечественной науки по начертательной геометрии и меры дальнейшего повышения квалификации преподавательских кадров во втузах Узб. ССР. Сб. «Вопросы начертательной геометрии и инженерной графики». Вып. XXVI, Ташкент. Изд. Ташк. ин-та инж. жел. дор. транспорта, 1963.
 60. Четверухин Н. Ф., Левицкий В. С., Прянишникова З. И., Тевлин А. М., Федотов Г. И. Курс начертательной геометрии. М., Гостехиздат, 1956.
 61. Четверухин Н. Ф. с соавт. Курс начертательной геометрии. М., «Высшая школа», 1963.
 62. Юдицкий М. М. Построение многомерного аксонометрического чертежа в прямоугольной системе координат методами аналитической геометрии. Тезисы докладов II научно-методической конференции по нач. геометрии и инженерной графике кафедр вузов Узб. СССР с участием представителей вузов братских республик. Ташкент. Изд. Ташк. ин-та инж. жел. дор. транспорта, 1965.
 63. Юрьев Б. Н. Основные задачи разработки истории техники. Изв. АН СССР, Отд. техн. наук. № 5, 1949.
 64. Яцкевич Л. А. Основные положения аксонометрии n -мерного Евклидова пространства E^n . Сб. «Вопросы прикладной геометрии». М., изд. МАИ, 1966.
 65. Müller E. Vorlesungen über darstellende Geometrie. Bd. I. Leipzig und Wien. 1923.
-